ОСОБЕННОСТИ НОВОГО Wi-Fi-СТАНДАРТА 802.11ac

МАКСИМ ЛИНЬКОВ, технический консультант, «ИД Электроника»

В статье описаны предполагаемые характеристики стандарта 802.11ac, рассмотрены особенности его физического уровня. Разработка стандарта идет полным ходом, завершить ее планируется уже в текущем году.

В настоящее время идет работа по увеличению пропускной способности беспроводных Wi-Fi сетей, с целью приблизить их характеристики к проводным. Готовятся сразу два варианта поправок: 802.11ad и 802.11ac. В первой используется широкая полоса частот 60 ГГц, а во второй — 5 ГГц.

Стандарт 802.11ac, который еще называют VHT (very high throughput — очень высокая пропускная способность), представляет собой поправки к удачной версии 802.11-2007. За счет применения новых механизмов 802.11ac позволяет повысить пропускную способность и стать более удобным для пользователя в существующих беспроводных сетях. В основе 802.11ac лежит стандарт 802.11n-2009. Пока стандарт не завершен, и о нем известно довольно мало.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Стандарт 802.11ac разрабатывается с учетом определенных требований. Во-первых, он должен обеспечивать полную обратную совместимость с устройствами 802.11a и 802.11n, работающими в полосе 5 ГГц. Это предполагает не только правильное взаимодействие устройств, но и накладывает ограничения на структуру пакета, которая должна подходить под формат 11a и 11n.

Во-вторых, необходимо предусмотреть механизм одновременной работы с сетями стандартов 11a и 11n. Пропускная способность сети с одной станцией, соответствующей требованиям 11ac на физическом и канальном уровнях, должна составлять 500 Мбит/с при использовании канала не более 80 МГц. При использовании нескольких станций пропускная способность системы увеличивается до 1 Гб/с по каналу не более 80 МГц.

ПРИМЕНЕНИЕ

Более высокая скорость передачи и большая пропускная способность позволяют использовать стандарт в следующих категориях:

1. Беспроводные дисплеи для игровых приложений, просмотра телевизионных программ или изображений с проекторов.
2. Домашние распределенные системы, например, HDTV.
3. Обмен большими файлами с сервером.
4. Системы обратной транспортировки (ячеистая сеть, точка-точка и т.д.).
5. Техника для учебных заведений.
6. Автоматизация производства.

Первые три типа устройств появятся в 2012 г.

ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

В стандарте 802.11ac по возможности будут сохранены все особенности 802.11n и 802.11a для обеспечения обратной совместимости и взаимодействия сетей, кроме того он позволяет сосредоточить усилия разработчиков на увеличении пропускной способности 11ac.

На физическом уровне в 11ac, как в 11a и 11n, применяется мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов OFDM. Используется тот же принцип модуляции, перемежение битов и кодирование, что и в 11n. Устройства 802.11ac должны поддерживать каналы 20, 40 и 80 МГц и 1 пространственный поток. В то же время для обеспечения более высокой пропускной способности введено несколько дополнений:

- поддержка каналов шириной 80+80 МГц и 160 МГц;
- поддержка от 2 до 8 пространственных каналов;
- модуляция 256QAM;
- принцип MIMO для нескольких пользователей;
- короткий защитный интервал 400 нс;
- блочное кодирование пространство-время STBC (space time block coding);
- контроль четности низкой плотности LDPC (low density parity check).

Устройства 11ac, которые выполняют только обязательные требования, передают данные со скоростью 293 Мбит/с, а устройства, оснащенные всеми дополнительными особенностями, обеспечивают скорость почти 3,5 Гбит/с. Канал шириной 80 МГц состоит из двух соседних неперекрывающихся полос по 40 МГц. Канал 160 МГц состоит из двух половин по 80 МГц, которые могут быть смежными или разделенными.

Как мы уже упоминали, в 802.11ac используется мультиплексирование OFDM, как и в 802.11n. Данный вид модуляции предполагает передачу данных по равномерно распределенным поднесущим, как показано в таблице 1. Незадействованные поднесущие являются нулевыми, которые используются для передачи постоянного сигнала или в качестве защитного интервала. Поскольку устройства 802.11ac обязательно должны быть совместимыми с существующими устройствами более ранних версий 802.11, то они посылают преамбулу в каждой полосе 20 МГц, чтобы устройства могли синхронизироваться с пакетом. При этом увеличивается PAPR (отношение пиковой мощности к средней), ухудшая эффективность усилителей мощности. Для ослабления этого эффекта применяется вращение сигнала на поднесущих верхней полосы 20 МГц (см. табл. 2). Аналогичный прием уже применялся в стандарте 802.11n для канала 40 МГц.

Вторым отличием стандарта 11ac является малое количество индексов MCS, характеризующих способы модуляции. Из таблицы 3 видно, что в 11ac предусмотрено 10 вариантов, а в 11n — 77. Стандарт 11n поддержи-

Таблица 1. **Распределение поднесущих по полосе**

Полоса частот, МГц	Количество поднесущих	Поднесущие, по которым происходит передача сигнала
20	64	–28…–1, 1..28
40	128	–58…–2, 2..58
80	256	–122…–2, 2…122
160	512	–250…–130, –126…–6, 6…126, 130...250
80+80	256 на каждом канале	–122…–2, 2…122

Таблица 2. **Поворот поднесущих**

Полоса частот, МГц	Количество повернутых поднесущих	Угол поворота
20	Нет	
40	≥0	90º (j)
80	≥–64	180º (–1)
160	–192…–1, ≥64	180º (–1)
80+80	Так же, как и для случая 80 МГц для каждой половины канала	То же, что и для канала 80 МГц

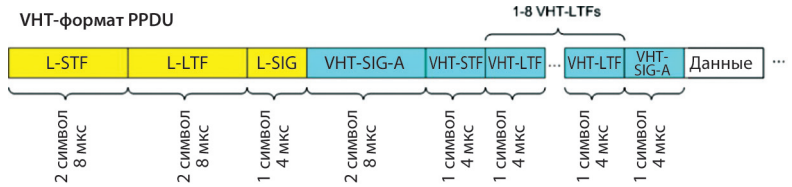


Рис. 1. **Структура пакета 802.11ac**

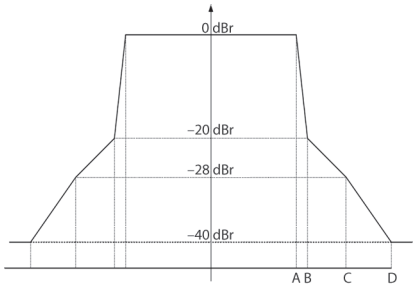


Рис. 2. **Спектральная маска**

вал редкие типы модуляции, например, BPSK на одном канале и 16QAM на другом. В то же время в действительности ни одно устройство 11n не поддерживало разные типы модуляции, поэтому в 11ac принято решение использовать только одинаковые.

ФОРМАТ ПАКЕТА

Структура пакета 802.11ac показана на рисунке 1. Первые три поля занимают две тренировочные последовательности L-STF (короткая), L-LTF (длинная) и L-SIG (сигнал). Тренировочные последовательности содержат информацию, необходимую для обнаружения сигнала. Они используются при оценке смещения частоты, синхронизации по времени и т.д. Пометка L обозначает «legacy», т.е. устаревший стандарт. Эти поля необходимы для совместимости с предыдущими версиями Wi-Fi. Поле L-SIG содержит информацию о длине пакета.

Поля с меткой VHT являются новыми для 11ac. Поле VHT-SIG-A содержит два OFDM-символа. Первый модулируется с помощью BPSK, чтобы устройства стандарта 11n распознали пакет как пакет формата 11a. Второй символ модулирован повернутой на 90º BPSK, чтобы устройства VHT распознавали его как пакет формата 11ac. Данные символы содержат информацию о полосе пропускания, схеме модуляции и кодирования, количестве временных потоков и т.д. Все рассмотренные поля повторяются на каждых 20 МГц полосы пропускания.

Поле VHT-STF служит для автоматической регулировки коэффициента усиления при передаче в условиях многолучевости. Следующие поля называются VHT-LTF. Они используются для оценки канала MIMO и осуществления подстройки принятого сигнала.

Последнее поле перед информационными данными — это VHT-SIG-B. Сигнал модулирован BPSK и содержит информацию о длине полезных данных в пакете. В случае MU-MIMO он передает информацию о схеме модуляции и кодировании (MCS). Для одиночного пользователя эти данные передаются в поле VHT-SIG-A. К полю VHT-SIG-B также применяется вращение фазы на участках полосы 20 МГц.

Таблица 3. **MCS индексы 11ac**

MCS	Модуляция	Кодирование	RCE
0	BPSK	½	–5
1	QPSK	½	–10
2	QPSK	3/4	–13
3	16QAM	1/2	–16
4	16QAM	3/4	–19
5	64QAM	2/3	–22
6	64QAM	3/4	–25
7	64QAM	5/6	–28
8	256QAM	3/4	–30
9	256QAM	5/6	–32

Таблица 4. **Характерные точки спектральной маски**

Канал, МГц	A, МГц	B, МГц	C, МГц	D, МГц
20	9	11	20	30
40	19	21	40	60
80	39	41	80	120
160	79	81	160	240

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАТЧИКА

Рассмотрим основные характеристики передатчика 802.11ac. Общий вид спектральной маски для каналов 20, 20, 80 и 160 МГц показан на рисунке 2, частоты перелома указаны в таблице 4. По вертикали на графике отложена «амплитуда» в dBr, т.е. по отношению к максимальной спектральной плотности сигнала.

В случае использования канала 80+80, для каждой половины используется маска 80 МГц. Точки, в которых стыкуются маски, перечислены в таблице 5. Маска для двух несмежных сигналов 80 МГц, разделенных полосой 160 МГц, отражена на рисунке 3. После определения маски в dBr следует пересчитать ее на величину передаваемой мощности, чтобы удостовериться, что ни одно значение маски не лежит ниже –59 дБм/МГц.

Спектральная неравномерность

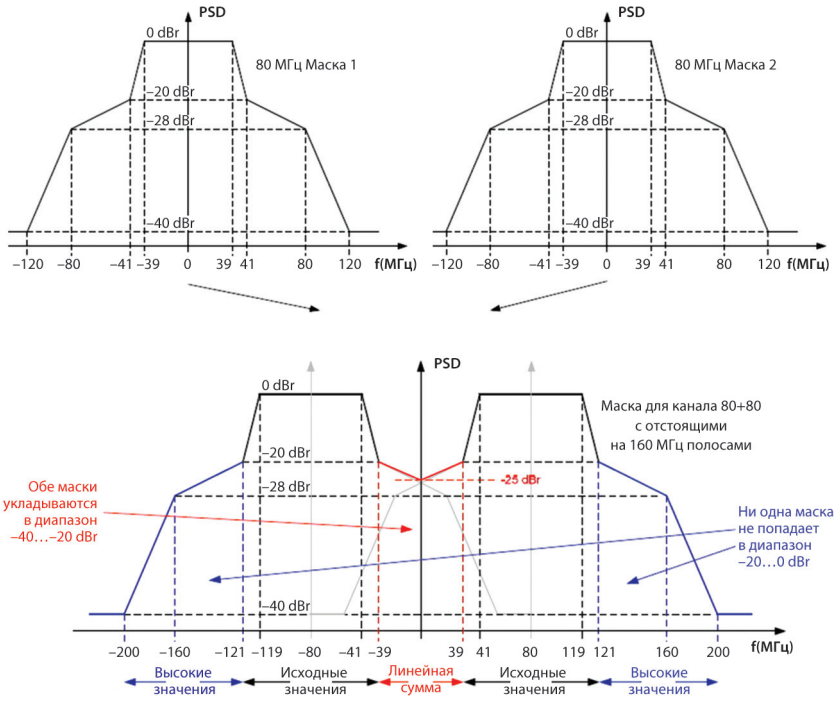


Рис. 3. **Маска для двух несмежных сигналов**

ВЧ-СВЧ КОМПОНЕНТЫ
от официального дистрибьютора ЮЕ-Интернейшнл

Mini-Circuits

www.minicircuits.com

Адаптеры
Аттенюаторы
ВЧ кабели
ВЧ Трансформаторы
Детекторы мощности
Длители/смесители
Инжекторы смещения
Модуляторы
Нагрузки
Ответвители

ГУНы
Переключатели
Сенсоры мощности
Синтезаторы
Смесители частоты
Умножители частоты
Усилители
Фазовращатели
Фазовые детекторы

JFW Industries

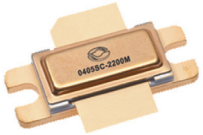
www.jfwindustries.com

Пассивные ВЧ-СВЧ компоненты с коаксиальными раъемами

Аттенюаторы
Нагрузки
СВЧ переключатели
Делители мощности
Программируемые системы

Microsemi

www.microsemi.com



ВЧ-СВЧ полупроводники

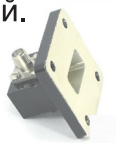
Транзисторы
Транзисторные сборки
Диоды

A1 Microwave

www.a1-jmd.co.uk

Пассивные СВЧ компоненты для Satcom применений.

- Фильтры
- Диплексеры
- Ответвители
- Коаксиально-волноводные переходы (КВП)
- Конверторы



ЛАБОРАТОРНЫЕ СВЧ КОМПОНЕНТЫ

Maury Microwave

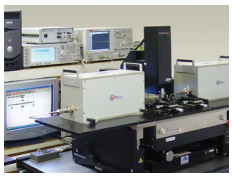
www.maurymw.com

Высококачественные метрологические СВЧ компоненты

- Наборы для калибровки векторных анализаторов цепей
- Прецизионные метрологические компоненты
- Тюнеры импеданса
- Системы для характеризации параметров СВЧ устройств
- ПО IVCAD для измерения и моделирования СВЧ устройств

Cascade Microtech

www.cmicro.com



Зондовые станции для радиоизмерений.

- Зондовые станции для СВЧ измерений на кристалле разного уровня
- Интегрированные измерительные комплексы, готовые для решения Ваших задач
- СВЧ зонды
- Сокеты для размещения образцов

С-Петербург (812) 324-40-08

Новосибирск (383) 227-62-63
Москва (495) 783-96-62
Екатеринбург (343) 365-90-40
Ростов-на-Дону (938) 100-77-05
Самара (846) 205-12-19
Н. Новгород (914) 757-87-50

www.yeint.ru

Таблица 5. **Точки стыковки масок для канала 80+80 МГц**

Шаг	Параметры исходных масок	Параметры суммарной маски
1	Обе маски лежат в диапазоне –20…–40 dBr	Линейная сумма двух масок
2	Ни одна маска не попадает в диапазон 0…–20 dBr	Большее значение из двух масок
3	Значения не определены	Выраженная в дБ линейная интерполяция между двумя ближайшими частотными точками с определенными значениями маски

Таблица 6. **Характерные точки для графика спектральной неравномерности**

Канал, МГц	A	B	C
20	1	17	28
40	2	43	58
80	2	85	122
160		6	250

позволяет измерить, имеют ли поднесущие одинаковую мощность. Энергия, передаваемая на каждой поднесущей, не должна отставать от среднего значения для полосы больше, чем на заданную величину. На рисунке 4 показана спектральная неравномерность как функция от частоты поднесущей. Значения характерных точек приведены в таблице 6. Например, в канале шириной 20 МГц энергия поднесущей с индексом 5 должна отличаться от средней энергии поднесущих 1–16 не более чем на ±4 дБ, а энергия поднесущей с индексом 20 должна лежать в коридоре +4/–6 дБ от средней энергии поднесущих 17–28. Заметим, что для канала 160 МГц все поднесущие должны отклоняться от среднего не более чем на +4/–6 дБ.

Следующий параметр — точность модуляции. Для ее определения следует измерить потери сигнала на центральной частоте и относительную погрешность созвездия (RCE). Потери на центральной частоте — это энергия, которая рассеивается через элементы передатчика. В зависимости от типа приемника большие потери на центральной частоте могут привести к плохой работе демодулятора, если в нем используются промежуточные сигналы нулевой частоты.

Пока данная характеристика находится в стадии обсуждения. Однако поскольку в 11ac применяется тот же тип модуляции, что и в 11n, то, скорее всего, значения отклонения центральной частоты будут такими же, что и в 11a или 11g.

Значения RCE приведены в таблице 3. Этот параметр не зависит от полосы сигнала. Количество пространственных каналов должно совпадать с количеством передающих антенн. Значение RCE измеряется для каждого передающего порта в отдельности. Передаваемый сигнал должен содержать не менее 19 кадров, в каждом не менее 16 символов со случайными данными.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЕМНИКА

Рассмотрим параметры приемников, которые должны соответствовать стандарту 802.11ac. Во-первых, проводится анализ на минимальную чувствительность по входу, чтобы гарантировать, что приемник может

Рис. 4. **Зависимость спектральной неравномерности от частоты поднесущей**

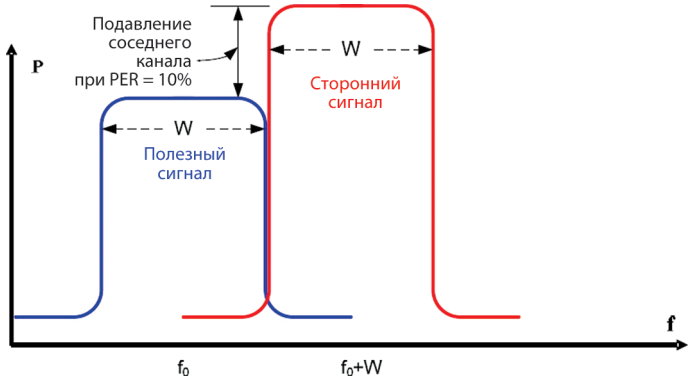


Рис. 5. **Пример анализа**

демодулировать минимально допустимый сигнал, т.е. количество ошибочных пакетов не должно превышать 10%. Для 11ac минимальный входной уровень сигнала определяется типом модуляции, скоростью кодирования и полосой (см. табл. 7). При тестировании накладываются следующие ограничения: длина пакета не менее 4096 байт, защитные интервалы 800 нс, BCC и кодирование без использования STBC.

Анализ на подавление соседних и несмежных каналов позволяет оценить способность приемника обнаруживать и демодулировать сигнал в присутствии постороннего более сильного сигнала в близлежащем канале. Для иллюстрации обратимся к рисунку 5.

Приемник демодулирует полезный сигнал с частотой f_o, полосой W и мощностью на 3 дБ выше, чем минимальный порог (см. табл. 7). Присутствует сторонний OFDM-сигнал с рабочим циклом более 50% и с полосой W, отстоящей на W от f_o. Мощность постороннего сигнала больше, чем полезного.

Увеличивая мощность стороннего сигнала, измеряем частоту появления ошибочных пакетов. Когда она достигает 10%, измеряем разницу между мощностью стороннего и полезного сигнала. Допустимые значения приведены в таблице 8. Для случая несмежных каналов значения аналогичны за тем исключением, что сторонний сигнал отстоит от полезного на 2W.

Таблица 7. **Минимальная чувствительность приемника**

Модуляция	Кодирование	Минимальная чувствительность, дБм			
		20 МГц	40 МГц	80 МГц	160 МГц или 80+80 МГц
BPSK	½	–82	–79	–76	–73
QPSK	½	–79	–76	–73	–70
QPSK	3/4	–77	–74	–71	–68
16QAM	1/2	–74	–71	–68	–65
16QAM	3/4	–70	–67	–64	–61
64QAM	2/3	–66	–63	–60	–57
64QAM	3/4	–65	–62	–59	–56
64QAM	5/6	–64	–61	–58	–55
256QAM	3/4	–59	–56	–53	–50
256QAM	5/6	–57	–54	–51	–48

Таблица 8. **Пример анализа на подавление соседних и несмежных каналов**

Модуляция	Кодирование	Подавление смежного канала		Подавление несмежного канала	
		20, 40, 80,160 МГц	80+80 МГц	20, 40,80,160 МГц	80+80 МГц
BPSK	½	16	13	32	29
QPSK	½	13	10	29	26
QPSK	3/4	11	8	27	24
16QAM	1/2	8	5	24	21
16QAM	3/4	4	1	20	17
64QAM	2/3	0	–3	16	13
64QAM	3/4	–1	–4	15	12
64QAM	5/6	–2	–5	14	11
256QAM	3/4	–7	–10	9	6
256QAM	5/6	–9	–12	7	4

Анализ на максимальный уровень входного сигнала показывает способность приемника демодулировать сигнал мощностью –30 дБ. К антенне прикладывается сигнал мощностью –30 дБм. Частота ошибочных пакетов должна быть не более 10%.

Оценка чистоты канала характеризует способность устройства определять статус канала (свободен или занят). Если занят, то в поле CCA ставится бит «занят». В основном канале устройство должно определять загруженность канала за 4 мкс с вероятностью более 90%. На вторичном канале отводится промежуток 25 мкс с той же вероятностью. Уровень мощности на занятом канале зависит от полосы пропускания и типа сигнала (обычный или VHT).

ЛИТЕРАТУРА

1. 802.11ac Technology Introduction// www.rohde-schwarz.com.

НОВОСТИ ДАТАКОМ

| DELTA ELECTRONICS — РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ | Delta Electronics выводит на российский рынок новое поколение интеллектуальных решений для центров обработки данных. Решение InfraSuite для центров обработки данных включает четыре основных модуля: модуль управления питанием, модуль прецизионного охлаждения, смарт-модуль стойки и модуль мониторинга окружающей среды.

– **Модуль управления питанием** включает источники бесперебойного питания (ИБП), статические переключатели байпаса (STS), кабинеты распределения электропитания (PDC) и блоки распределения электропитания (PDU), которые помогают клиентам оптимизировать управление электроснабжением и обеспечивают гибкое исполнение всех требований по распределению электроэнергии.

– **Смарт-модуль стойки** отличается модульной конструкцией, которая позволяет экономить ценное внутреннее пространство ЦОДа и не требует сложного длительного монтажа.

– **Модуль прецизионного охлаждения** включает оборудование для точного поддержания заданной температуры и влажности в помещении, а также устройства, препятствующие образованию зон температурного максимума.

– **Модуль мониторинга окружающей среды** аккумулирует всю информацию о текущем состоянии аппаратуры и параметрах микроклимата, после чего выводит ее на дисплей терминала оператора, облегчая управление оборудованием ЦОДа.

www.russianelectronics.ru